

## PURIFIKASI SILIKA DARI PASIR VULKANIK GUNUNG MERAPI SEBAGAI BAHAN BAKU FOTOVOLTAIK

### *SILICA PURIFICATION FORM MERAPI VOLCANO SAND AS PHOTOVOLTAIC RAW MATERIALS*

**Sulistiyani\*, Erfan Priyambodo dan Larasti Yogantari**

*Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta*

\*email: [sulistiyani@uny.ac.id](mailto:sulistiyani@uny.ac.id)

diterima 21 Agustus 2015, disetujui 4 September 2015

#### **Abstrak**

Purifikasi silika dari pasir vulkanik Gunung Merapi yang dimaksudkan sebagai bahan baku fotovoltaik telah dilakukan. Proses purifikasi dilakukan secara *leaching* dengan menggunakan larutan aqua regia,  $H_2SO_4$ , dan HCl. Purifikasi silika dari pasir Gunung Merapi sebagai bahan baku fotovoltaik memberikan asumsi bahwa teknologi fotovoltaik yang memanfaatkan energi surya cukup terjangkau, tidak habis, dan bersih sehingga akan memberikan keuntungan jangka panjang yang besar. Proses purifikasi melalui tahap *grinding* hingga ukuran 60 mesh, separasi besi menggunakan magnet, leaching asam, dan leaching basa. Karakterisasi sampel menggunakan XRD dan XRF. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa pasir vulkanik Gunung Merapi mengandung silika cukup tinggi yaitu 48-50%. Hasil karakterisasi dengan XRD menunjukkan bahwa silika dalam sampel pasir baik sebagai silikon dioksida maupun mineralnya mempunyai struktur amorf. Di antara aqua regia,  $H_2SO_4$ , dan HCl yang memiliki kemampuan leaching paling baik yaitu HCl dengan konsentrasi pekat serta silika hasil purifikasi memiliki kemurnian 59%.

Kata kunci: purifikasi, silika, pasir gunung berapi

#### **Abstract**

*Purification of silica sand volcanic Mount Merapi has been done, for raw material photovoltaic. Leaching purification process is done using aqua regia solution,  $H_2SO_4$ , and HCl. Purification of silica sand of Mount Merapi as a raw material photovoltaic assumes that photovoltaic technologies that utilize solar energy is quite affordable, do not run out, and clean so that it will provide long term benefits are substantial. Stage purification process through grinding up to size 60 mesh, iron using magnetic separation, leaching of acid and alkaline leaching. Characterization of the samples using XRD and XRF. The result showed that Mount Merapi volcanic sand containing silica is high at 48-50%. XRD characterization results indicate that the silica in sand samples well as silicon dioxide or mineral has amorphous structure. Among aqua regia,  $H_2SO_4$  and HCl leaching that has the ability to nicest namely the concentration of concentrated HCl and purified silica has a purity of 59%.*

*Keywords: purification, silica, volcano sand*

#### **Pendahuluan**

Kesadaran akan hemat energi listrik membuat berbagai kalangan baik pemerintah maupun industri membuat inovasi sumber energi pengganti fosil yang bersifat lebih tahan lama dan ramah lingkungan (*sustainable energy*). Salah satu contohnya adalah energi surya dengan teknologi photovoltaic (PV) [1]. Energi surya dengan teknologi PV mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi listrik melalui perangkat semikonduktor yang disebut sel surya [2].

Energi surya yang diterima dalam satu hari (*solar insolation* atau *solar irradiation*) dapat

bervariasi mulai dari  $0.55 \text{ kWh/m}^2$  ( $2 \text{ MJ/m}^2$ ) pada daerah dingin sampai  $5.55 \text{ kWh/m}^2$  ( $20 \text{ MJ/m}^2$ ) pada daerah tropis [3]. Artinya, cahaya matahari di Indonesia sangat melimpah. Namun, kapasitas panel surya yang terpasang di Indonesia baru 8 MW (DESDM, 2010). Nilai ini masih sangat kecil bila dibandingkan potensi tersebut. Dengan demikian, panel surya di Indonesia masih perlu ditingkatkan.

Sel surya (fotovoltaik) yang paling banyak digunakan saat ini berbahan dasar silika [4]. Sementara keberadaan silika di Indonesia sangat

melimpah, khususnya silika yang diperoleh dari aktivitas gunung berapi. Kondisi tersebut semakin menunjang untuk mengembangkan energi surya di Indonesia. Akan tetapi, silika di alam tidak dapat langsung digunakan sebagai bahan fotovoltaik melainkan harus dipurifikasi terlebih dulu. Semakin tinggi kemurnian silika, kualitas fotovoltaik yang dihasilkan akan lebih baik [5]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memurnikan pasir silika yang berasal dari aktivitas Gunung Merapi (vulkanik). Purifikasi menggunakan metode *leaching* larutan asam dan larutan basa. Selanjutnya silika hasil purifikasi akan dikarakterisasi menggunakan XRD dan XRF.

### Metode Penelitian

*Alat-alat yang digunakan.* Alat-alat gelas, ball mill, kertas saring, pH meter, magnet, magnetik stirer, oven pemanas, sinar-X difraktometer (XRD), X-Ray Fluorescence (XRF).

*Bahan-bahan yang digunakan.* Pasir vulkanik Gunung Merapi, aquades, aqua regia, larutan HCl, larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, larutan HNO<sub>3</sub>.

Proses purifikasi silika mencakup beberapa tahap, proses grinding, separasi besi, leaching menggunakan larutan asam, leaching menggunakan larutan basa. Grinding dilakukan dengan menggunakan 8-10 ball dengan kecepatan 200 rpm selama 60 menit. Selanjutnya sampel diayak dengan pengayak ukuran 60 mesh. Separasi menggunakan magnet untuk memisahkan besi dari pasir.

*Analisis Larutan Asam sebagai Agen Leaching.* Larutan asam sebagai agen leaching ditentukan dengan membandingkan kemampuan leaching dari HCl pekat, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat, dan aqua regia (HCl dan HNO<sub>3</sub> dengan perbandingan 3:1). Dipipet masing-masing larutan tersebut sebanyak 20 mL dimasukkan ke dalam gelas kimia yang di dalamnya terdapat 10 gram sampel pasir vulkanik. Secara berkala sampel diaduk. Perendaman pasir vulkanik dalam larutan dilakukan selama 24 jam. Sampel pasir kemudian dicuci dengan aquades hingga pH netral kemudian dikeringkan menggunakan oven suhu 110 °C selama 3 jam.

*Analisis Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Larutan Asam.* Sebanyak 10 gram sampel pasir dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan 20 mL larutan HCl 3 M sambil dipanaskan di atas hotplate suhu 90 °C. Perendaman sampel pasir dalam larutan asam disertai pemanasan dilakukan selama 3 jam dengan diaduk secara berkala. Setelah itu, sampel didiamkan hingga suhu turun

dan disaring dengan menggunakan kertas saring biasa. Sampel dicuci dengan aquades hingga pH netral, kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 110 °C selama 3 jam. Konsentrasi larutan HCl divariasikan 3 M dan 6 M.

Larutan HCl 6 M dibuat dengan cara: sebanyak 25 mL larutan HCl pekat dipipet dimasukkan dalam labu ukur 50 mL kemudian ditambahkan aquades hingga tanda batas. Sementara larutan HCl 3 M dibuat dengan cara mengencerkan larutan induk 6 M dengan menggunakan rumus  $V_1.M_1 = V_2.M_2$ .

*Analisis Larutan NaOH sebagai Agen Leaching.* Sampel yang telah dilakukan leaching dengan menggunakan larutan HCl 6 M dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Kemudian, ditambahkan larutan NaOH 3 M sebanyak 20 mL sambil dipanaskan pada suhu 300 °C selama 3 jam dan diaduk secara berkala. Setelah itu, sampel didiamkan hingga suhu ruangan. Selanjutnya, sampel dicuci dengan aquades hingga pH netral dan dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 110 °C selama 3 jam.

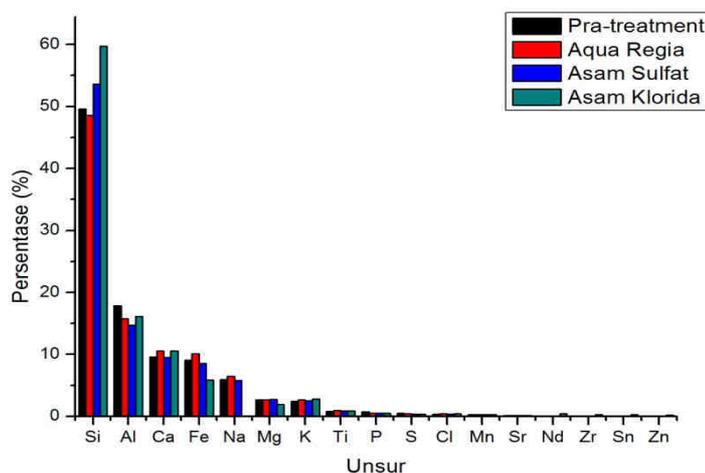
### Hasil dan Pembahasan

Purifikasi silika dalam pasir vulkanik telah dilakukan. Penelitian ini mencakup 4 tahap, antara lain analisis kandungan silika dalam pasir vulkanik, analisis larutan asam yang memiliki kemampuan leaching terbaik, analisis pengaruh suhu terhadap hasil proses leaching, dan analisis pengaruh leaching basa terhadap mineral. Sampel pasir vulkanik berasal Sungai Gendol Daerah Istimewa Yogyakarta.

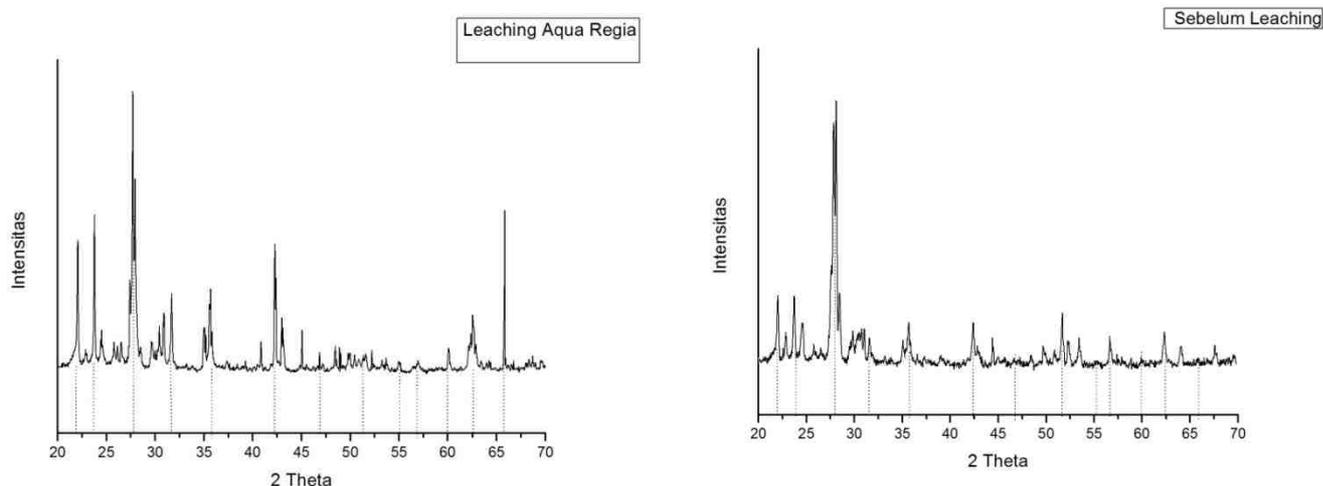
*Analisis Kandungan Silika dalam Pasir Vulkanik.* Dari hasil XRF, diperoleh kandungan terbesar pasir vulkanik yaitu silika sebesar 49,6%. Selain silika, kandungan mineral lainnya antara lain aluminium (17,8%), kalsium (9,5%), besi (9%), natrium (5,9%), magnesium (2,7%), kalium (2,4%), dan beberapa unsur lain seperti titanium, fosfor, belerang, klor, mangan, stronsium, zircon, timah, dan seng dengan kadar kurang dari 1%. Silika memiliki persentase paling tinggi karena pada saat magma mengalami pendinginan, atom-atom oksigen dan silikon akan saling mengikat pertama kali untuk membentuk tetrahedral oksigen-silikon. Hasil karakterisasi dengan XRD menunjukkan bahwa silika dalam sampel pasir baik sebagai silikon dioksida maupun mineralnya mempunyai struktur amorf.

*Analisis Larutan Asam sebagai Agen Leaching.* Pasir vulkanik sebelum direndam dalam larutan asam terlebih dulu dipisahkan menggunakan magnet. Hal ini dimaksudkan untuk memisahkan pasir besi dalam pasir vulkanik sehingga meminimalkan pengotor silika. Analisis larutan asam menunjukkan bahwa larutan HCl memiliki kemampuan paling baik dalam proses leaching dibandingkan asam sulfat dan aqua regia. Data analisis XRF menunjukkan bahwa proses leaching HCl meningkatkan kadar silika dari 49,61% menjadi 59,72% (Gambar 9). Hal tersebut dapat dipahami karena larutan HCl memiliki kemampuan lebih baik dalam melarutkan mineral-mineral yang

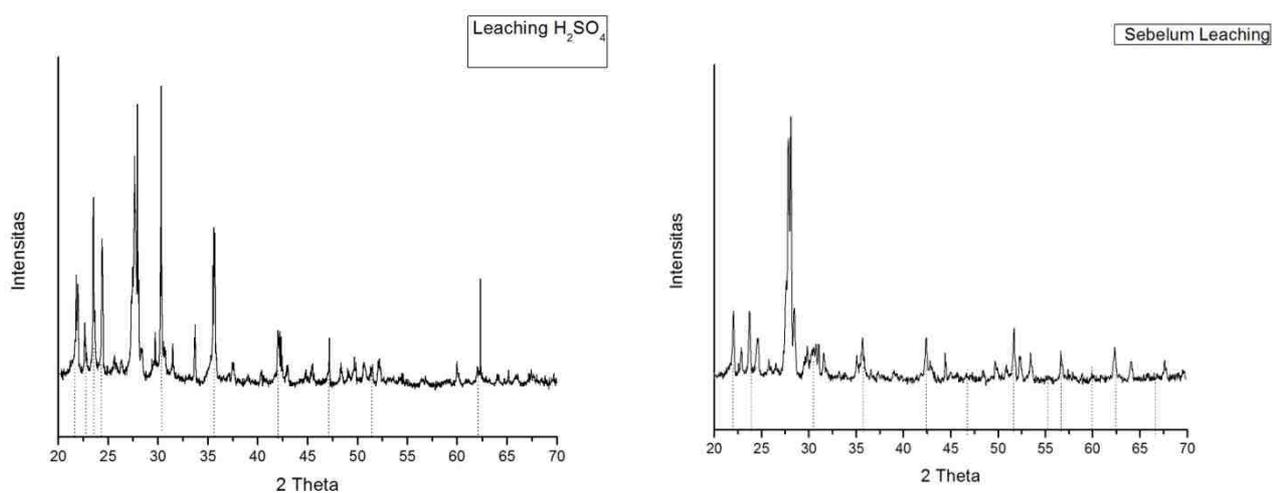
terdapat dalam pasir vulkanik dibandingkan asam sulfat dan aqua regia. HCl bersifat sangat polar sehingga kemampuan melarutkan mineral-mineral polar juga tinggi, yang mana sebagian besar senyawa-senyawa dalam pasir vulkanik juga merupakan senyawa polar. Peristiwa tersebut sesuai dengan prinsip *"Like Dissolves Like"* bahwa pelarut sejenis akan melarutkan molekul sejenis artinya pelarut dan molekul zat terlarut saling berinteraksi antarmolekul keduanya dengan membentuk suatu ikatan tertentu di antara keduanya, sehingga secara termodinamika zat terlarut akan larut dalam pelarut tersebut.



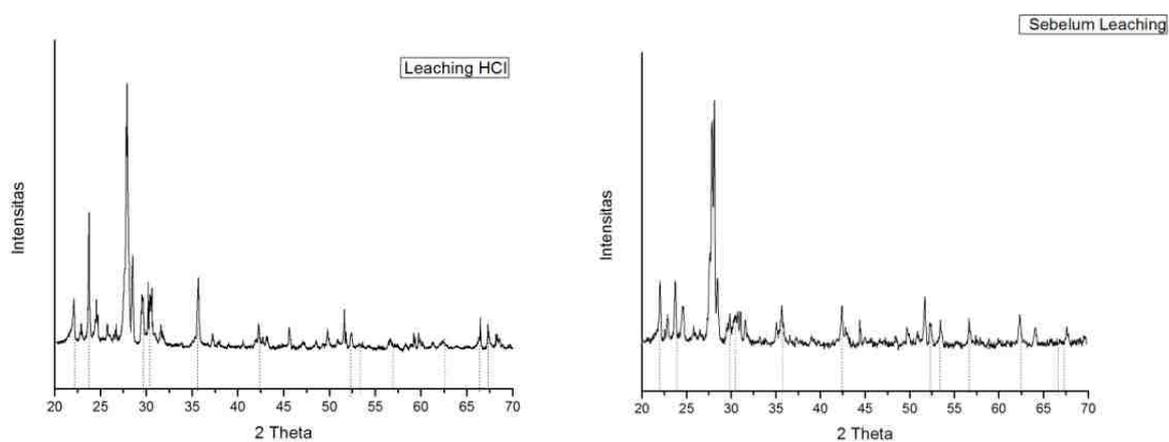
**Gambar 1.** Persentase unsur hasil analisis menggunakan XRF pada pasir Sungai Gendol.



**Gambar 2.** Perbandingan sinyal XRD antara sebelum dan setelah di-leaching aqua regia.



**Gambar 3.** Perbandingan sinyal XRD antara sebelum dan setelah di-leaching  $H_2SO_4$ .



**Gambar 4.** Perbandingan sinyal XRD antara sebelum dan setelah di-leaching HCl.

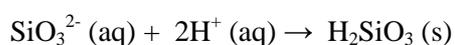
**Tabel 1.** Puncak-puncak yang Mengalami Peningkatan dan Penurunan setelah Proses Leaching Asam

Puncak $2\theta$ yang mengalami Peningkatan Intensitas			Puncak $2\theta$ yang mengalami Penurunan Intensitas		
Aqua Regia	$H_2SO_4$	HCl	Aqua Regia	$H_2SO_4$	HCl
22,03	22,03	23,73	51,56	51,35	22,03
23,75	22,61	29,54	55,04		42,24
27,65	23,46	30,24	56,99		52,43
31,69	24,46	35,63			53,42
35,63	30,22	56,58			56,58
42,24	35,60	66,49			
46,82	42,05	67,26			
60,08	47,12				
62,68	62,41				
65,85					

Perbandingan sinyal XRD setelah proses leaching dengan sinyal XRD sebelum proses leaching menunjukkan bahwa proses leaching menyebabkan beberapa puncak sinyal menurun dan beberapa puncak sinyal yang lain meningkat (Gambar 2, 3, 4). Peningkatan intensitas puncak dapat dipahami sebagai pengaturan ikatan kristal mineral-mineral sebagai pengaruh perendaman dalam asam. Sementara penurunan intensitas puncak disebabkan pengurangan pengotor pada kristal. Berikut beberapa puncak yang teridentifikasi mengalami peningkatan dan penurunan setelah proses leaching (Tabel 1).

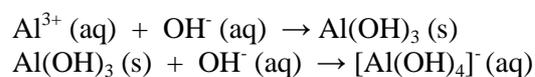
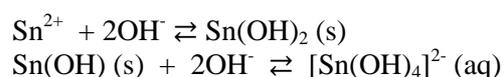
Dari hasil leaching asam, diketahui larutan HCl memiliki kemampuan purifikasi paling baik dibandingkan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan aqua regia, sehingga analisis pengaruh suhu terhadap kemampuan purifikasi hanya dilakukan dengan menggunakan larutan HCl yang divariasikan 3 M dan 6 M. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan suhu leaching (90 °C) justru sedikit menurunkan kadar silika dari 59,72% menjadi 56,14%. Peningkatan suhu seharusnya meningkatkan reaktivitas larutan karena meningkatnya energi kinetik. Namun kenyataannya, persentase kemurnian silika justru semakin menurun. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh konsentrasi larutan yang digunakan saat pemanasan lebih encer (3 M dan 6 M), sementara saat leaching tanpa pemanasan digunakan asam pekat.

Analisis pengaruh konsentrasi terhadap efektifitas purifikasi menunjukkan bahwa konsentrasi larutan asam yang lebih pekat (HCl 6 M) memiliki kemampuan purifikasi silika lebih baik daripada konsentrasi larutan asam lebih encer (HCl 3 M). Larutan HCl 6 M menghasilkan silika hingga 56,14%, sedangkan larutan HCl 3 M menghasilkan silika dengan kemurnian 53,47%. Data tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan asam yang digunakan, hasil purifikasi silika akan semakin baik. Saat asam klorida ditambahkan ke dalam larutan silikat, maka akan diperoleh endapan asam metasilikat seperti gel, terutama dengan mendidihkannya. Endapan tersebut tak larut dalam asam pekat dan berada dalam bentuk larutan koloid (sol).



Analisis Larutan NaOH sebagai Agen Leaching. Leaching asam dilanjutkan dengan leaching basa yaitu dengan menggunakan larutan

NaOH. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelarutan dalam larutan NaOH 3 M justru menurunkan kadar silika dari 56,14% menjadi 53,47%. Hal tersebut kemungkinan karena sebagian silika larut dalam NaOH. Pelarutan silika dalam larutan NaOH akan menghasilkan endapan natrium silikat. Tujuan leaching dengan menggunakan NaOH dimaksudkan untuk menghilangkan beberapa partikel matriks seperti timah (Sn) dan aluminium (Al). Berikut persamaan reaksinya [5]:



Pemurnian silika dalam upaya penyediaan bahan sel surya masih jauh dari harapan. Silika yang bisa digunakan untuk keperluan tersebut harus memiliki kemurnian di atas 99% [6]. Kurang optimalnya hasil purifikasi secara leaching kemungkinan utamanya karena proses *grinding* yang tidak optimal, seharusnya dilakukan hingga partikel berukuran nano. Semakin kecil ukuran partikel maka permukaan partikel juga semakin luas. Hal tersebut akan mengoptimalkan kontak partikel mineral dengan reagen leaching sehingga memudahkan reagen mendisosiasi ikatan kimia mineral tersebut. Selain itu proses *grinding* akan membantu memecah mineral-mineral silika secara mekanik.

## Simpulan

Berdasarkan penelitian ini dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut: Pasir vulkanik Gunung Merapi mengandung silika cukup tinggi yaitu 49% dan mempunyai struktur amorf. Di antara larutan aqua regia, asam sulfat, dan asam klorida yang memiliki kemampuan paling baik sebagai agen leaching dalam proses purifikasi silika dari pasir vulkanik Gunung Merapi yaitu larutan asam klorida. Proses leaching optimum jika digunakan larutan konsentrasi pekat dan disertai pemanasan (90 °C), Pelarutan analit dalam larutan NaOH 3 M justru menurunkan kadar silika dari 56,14% menjadi 53,47%, dan Silika dari pasir vulkanik Gunung Merapi hasil purifikasi hanya mencapai 59%.

## Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Bapak Dr. Hartono selaku Dekan FMIPA UNY, Bapak Dr. Hari Sutrisno selaku Ketua Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY, dan kepada seluruh pihak FMIPA UNY yang telah berkenan memberi ijin dan mendanai program kami, terima kasih kepada seluruh Dosen Kimia dan Laboran Kimia yang telah memberikan masukan dan dukungan kegiatan penelitian ini, serta semua pihak terlibat yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu.

## Pustaka

- [1] Amendola, S. (2011) Overview of Manufacturing Processes for Solar-Grade Silicon. Easton, PA.
- [2] P. Würfel. (2005) Physics of Solar Cells: From Principles to New Concepts. Wiley-WCH. Weinheim.
- [3] Kenna, J., and Bill Gillet. (1985) Solar Water Pumping. *A Handbook. Intermediate Technology Publications*. Shouthampton Row. London.
- [4] Kalapathy, U., A. Proctor and J. Shultz, (2000) A Simple Method for Production of Pure Silica from Rice Hull Ash. *Bioresources Technology*. 73. p. 257-262.
- [5] Vogel. (1996) *Qualitative Inorganic Analysis*. Ed. 7<sup>th</sup>. England: Addison Wesley Longman Ltd.
- [6] Désindes L. (2004) Silica Ultrapure for Electrometallurgy: Gitology, Physical and Chemical Characteristics of the Ore Quartz. *Thesis presented for obtaining the rank of Doctor of the University Henri Poincaré, Nancy 1, 433, France*.
- [7] Lanb, WC *et al.* (2012) Grain Control in Directional Solidification of Photovoltaic Silicon. *Journal of Crystal Growth*. 360. p. 68-75.
- [8] DESDM. (2010) Indonesian Energy Outlook. *Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral KESDM*. Jakarta.